



Saarenketo Timo

## Kuivatus ja Lapin päällystettyjen teiden kunto

**Kuivatustutkimuksen loppuraportti**

Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 16/2009



Saarenketo Timo

# Kuivatus ja Lapin päällystettyjen teiden kunto

**Kuivatustutkimuksen loppuraportti**

**Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 16/2009**

**Tiehallinto**

Rovaniemi 2009

Kannen kuva: *Roadscanners Oy*

ISSN                1457-991X  
TIEH                4000657

Verkkojulkaisu pdf ([www.tiehallinto.fi/julkaisut](http://www.tiehallinto.fi/julkaisut))

ISSN                1459-1561  
TIEH                4000657-v

Asiantunnus

KL-Kopio  
Rovaniemi    2009

Julkaisu saatavana  
[Lapin.tiepiiri@tiehallinto.fi](mailto:Lapin.tiepiiri@tiehallinto.fi)  
Faksi                0204 22 3540  
Puhelin            0204 22 11

**TIEHALLINTO**  
Lapin tiepiiri  
Hallituskatu 3 B  
96100 ROVANIEMI

Puhelin            0204 22 11

**Asiasanat:** kuivatus, päällyste, kestoikä, urautuminen, tasaisuus, hoitourakka

**Aiheluokka:** 37, 38

## TIIVISTELMÄ

Tässä raportissa tehdään yhteenveto Lapin tiepiirissä vuodesta 2005 alkaen tehdyistä tutkimuksista, joiden tavoitteena oli järjestelmällisesti luoda uusi kuivatusanalyysitekniikka sekä selvittää, mikä merkitys huonosti toimivalla kuivatuksella on päällysteen kuntoon ja kestoikään. Lisäksi tutkimuksissa laadittiin laskelmia niistä potentiaalisista säästöistä, joita voitaisiin saada jos ja kun teiden kuivatus parannettaisiin toimivaksi. Tutkimukset tehtiin aluksi ROADEX II ja III -projektien puitteissa sekä vuosina 2007 ja 2008 Kittilän ja Kemin hoidon ja ylläpidon alueurakoiden liittyvien kuivatusanalyysien ja urakka-asiakirjojen valmistelun yhteydessä.

Raportissa esitellään aluksi kuivatusanalyysin tekniikkaa sekä siinä käytettävät kalustot ja ohjelmat. Tämän jälkeen esitellään Kemin, Kittilän ja Rovaniemen urakka-alueiden päällystetyiltä teiltä tehtyjen kuivatusanalyysien keskeiset tulokset ja verrataan niitä keskenään. Kuivatuksen kunto oli keskimääräistä heikompi Kemin hoitoalueen päätiestöllä, mutta toisaalta siellä huono kuivatus vaikutti vähiten tilastollisesti urautumiseen ja epätasaisuuteen. Joissakin huonon kuivatuksen kohteissa tie oli jopa paremmassa kunnossa kuin ympäristössä, jossa kuivatuksen yleiskunto oli jopa parempi. Selityksenä on, että huonon kuivatuksen kohteilla tierakenteet oli rakennettu järeämmäksi kuin muualla. Kemin päätiestö oli kuitenkin poikkeus ja tilastolliset analyysit osoittivat selvästi, että tiestön puutteellinen kuivatus kasvattaa urautumisen kasvunopeutta jopa 2-3 kertaisiksi hyvän kuivatuksen kohteisiin verrattuna. Kestoikäkertoimet urautumisen osalta vaihtelivat Kemin päätiestön 1,05 ja Rovaniemen paikallisteiden 1,95 välillä. Sama trendi on havaittavissa myös tasaisuuteen liittyvissä analyysissä. Päällysteen kestoikään kannalta kuivatuksen vaikutus urautumiseen on kuitenkin pääosin kriittisempi.

Alueellisissa vertailuissa voitiin nähdä, että huono kuivatus vaikuttaa eniten tien väsymiseen Lapin tiepiirin pohjoisosissa Kittilässä. Tämä viittaa selkeästi siihen, että suunnittelu- ja mitoitusohjeessa Pohjois-Lappiin rakennettuja teitä ei ole mitoitettu rakenteiltaan riittäviksi. Toisaalta tulokset korostavat myös sitä, että hyvän kuivatuksen ylläpito Kittilässä on selvästi kannattavinta verrattuna muihin hoitoalueisiin. Kittilässä potentiaaliset säästöt ovat yli 600 000 € ja yli 20 % vuosittaisista päällystekustannuksista.

## SUMMARY

In this report a summary of research done in the Lapland Road District since 2005 is presented. The goal of the research was to create, in an organized fashion, a new drainage analysis technique and to determine the effect of badly working drainage on pavement condition and lifetime. In addition, economic calculations were made of the potential savings that could be gained if the drainage of the roads was improved. The studies were made first in Roadex II and Roadex III and in the years 2007 and 2008 in drainage analysis and preparation of contract documents related to the Kittilä and Kemi maintenance contracts.

In the report, the technique and equipment and program used in the drainage analysis are presented. After that, the core results obtained through the Kemi, Kittilä and Rovaniemi maintenance area drainage analysis of paved roads are presented and compared. The condition of main roads drainage was worse in the Kemi maintenance area than in the other two areas. However, in these Kemi main roads the poor class2 and class 3 drainage, statistically, had a lesser effect on rutting and roughness. In some sites, the road in a badly drained section was in better condition than roads in the surrounding area with better drainage. The explanation is that in the badly drained sites the road structure was built stronger than in other places. The Kemi main road system was an exception to the trend. Statistical analyses show that poor drainage increases rutting speed at some sites even 2 to 4 times in comparison to well drained sites. The lifetime multiplier, based on rutting, varied from 1.05 on Kemi main roads to 1.95 on Rovaniemi local roads. The same trend was also observed in the analysis of roughness values. However rutting is mainly the critical pavement lifetime parameter on areas with poor drainage.

In a regional comparison, it could be observed that bad drainage has the biggest effect on road fatigue in Kittilä located the northern part of the Lapland. This clearly indicates that the road structures of the northern Lapland roads were not designed strong enough in the Finnra planning guidelines. On the other hand, the results highlight that maintaining good drainage is most profitable in Kittilä compared to other road districts. In Kittilä the potential savings are over 600.000€ and over 20 percent of the annual paving costs.

## ESIPUHE

Tämä raportti liittyy Lapin tiepiirissä vuodesta 2005 alkaen tehtyihin kuivatus-tutkimuksiin, jotka on tehty yhteistyössä Roadscanners Oy:n kanssa. Rahoituksessa tutkimuksen alkuvaiheessa mukana on ollut myös EU:n ROADEX III -projekti. Tässä raportissa esitellään tutkimuksen keskeiset tulokset.

Roadscanners Oy:ssä tutkimusta on johtanut raportin tekijä Timo Saarenketo. Rovaniemen alueella analyysin teosta vastasivat Jani Riihiniemi ja Seppo Tuisku. Tilastolliset analyysit suoritti ja kartat laati Paula Tiainen. Kittilän ja Kemin hoitoalueen kuivatusanalyysit on tehnyt pääosin Seppo Tuisku ja kenttätöissä ovat avustaneet Jaakko Saarenketo, Juuso Pääkkö ja Tuukka Saikka. Tulosten tilastolliset analyysit ja kartat laati Matti Saarenketo. Ohjelmisto- ja tuotekehitystyössä mukana ovat olleet ohjelmistonryhmästä Pekka Maijala, Timo Saarenpää ja Tapio Inkeröinen. Tämän raportin editoinnista on vastannut Hanne Sarajärvi.

Tekijät haluavat kiittää Lapin tiepiiriä ennakkoluulottomasta ja kannustavasta suhtautumisesta tutkimukseen koko tutkimuksen ajan. Tutkimuksen ideaan mukaan lähtivät jo ROADEX III -projektin suunnitteluvaiheessa syksyllä 2004 tiejohtaja Tapani Pöyry ja hankintapäällikkö Jukka Jääskö. He ovat kannustaneet työtämme sen jälkeen projektien eri vaiheissa. Käytännön tutkimustyössä ovat apuaan antaneet myös tiepiirin insinöörit Kari Parikka ja Eero Kenttälä ja kunkin urakka-alueiden tiemestarit Kalervo Niva Rovaniemeltä, Esa Kaitala Kittilästä ja Tarmo Posti Kemistä.

Rovaniemellä lokakuussa 2008

Timo Saarenketo, Roadscanners Oy





## Sisältö

1	JOHDANTO	3
2	KUIVATUSANALYYSITEKNIikka	5
2.1	Yleistä	5
2.2	Mittaustekniikka kentällä	5
2.3	Kuivatusluokittelu	6
2.4	Tien profiilin luokittelu	8
2.5	Analyysit toimistolla ja tulosten esittäminen	9
2.6	Kuivatussuunnitelman laatiminen	11
3	TUTKITTUJEN HOITOALUEIDEN JA NIIDEN ERITYISONGELMIEN ESITTELY	13
3.1	Yleistä	13
3.2	Kemin hoitoalue	13
3.3	Kittilän hoitoalue	16
3.4	Rovaniemen hoitoalue	19
4	KUIVATUSANALYYSIN TULOSTEN VERTAILUA ERI HOITOALUEIDEN VÄLILLÄ	21
4.1	Kuivatuksen nykyinen kunto päällystetyillä teillä eri hoitoalueilla	21
4.2	Kuivatus ja urautuminen	22
4.3	Kuivatus ja tasaisuus	22
4.4	Kuivatus ja päällysteen kestoikä	23
4.5	Kuivatuksen kunnosteuksen kannattavuustarkastelut	26
5	YHTEENVETO, JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOSUOSITUKSET	27

Kirjallisuutta



## 1 JOHDANTO

Ylimääräinen vesi rakenteiden huokosissa, yhdistettynä rakenteita rasittaviin toistuviin kuormituspulsseihin sekä kylmillä alueilla routasykleihin, on suurin yksittäinen liikenneinfrastruktuurin rakenteita vahingoittavista elementeistä. Suuri vesipitoisuus ja korkea kantavuus eivät useimmin liity samaan tierakenteeseen tai pohjamaahan ja siksi kautta historian tiet on pyritty rakentamaan mahdollisimman kuivaan maastoon tai, jos tie on jouduttu rakentamaan kosteampaan paikkaan, on siihen suunniteltu kuivatusrakenteet.

Kuitenkin Suomessa ja myös muualla maailmassa tiestön kunnan ylläpidossa kuivatusrakenteiden hoito on usein laiminlyöty lähes täysin. ROADEX -pilottiprojektissa 1998-2001 (Saarenketo 2001) puutteellinen kuivatus ja sen aiheuttamat ongelmat todettiin olevan pahimpia ongelmia, joita esiintyy kaikkialla Pohjois-Euroopan vähäliikenteisillä teillä. Vähenevän ylläpidon rahoituksen aikana kuivatuksen hoidosta on tingitty päällyste-neliömetrien kustannuksella, kun asia olisi pitänyt olla päinvastoin. Ja vaikka asia olisi tiedostettukin, ongelmana on ollut, että ”kuran kuokkiminen ei ole niin seksikästä kuin uuden asfaltin päällystäminen”, kuten eräs tiemestari sattuvasti totesi. Myös organisaatio-ongelmat ovat vaikuttaneet asiaan: kuivatuksen kunnostus ja ylläpito kuuluu luonnostaan alueurakoitsijoille kun taas päällystystyöt hoidetaan ylläpitourakoissa (Saarenketo 2007).

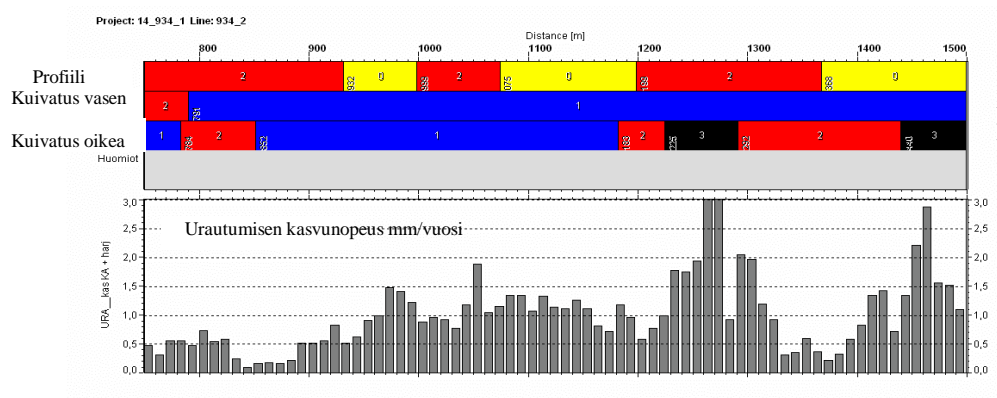
Kuivatuksen hoidon tärkeys korostuu kuitenkin suuresti, kun analysoidaan päällysteen elinikään ja samalla vuosikustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. On muistettava, että eri päällysteiden hallintajärjestelmissä kunnostustoimenpidetarpeen laukaisee se, jos tiejaksolla urasyvyys, tasaisuusarvot (IRI) tai päällystevauriot ylittyvät yli kriittisen ”liipaisinrajan” matkalla, joka on yleisesti 10 % tien pituudesta. Tiedetään, että tie ei väsy eikä vaurioidu tasaisesti ja siksi ROADEX -projektissa selvitettiin, mitkä olivat yhdistäviä tekijöitä niillä osuuksilla, jotka laukaisevat korjaustarpeen. Analyysissa suurimmaksi yhteiseksi tekijäksi osoittautui kuivatus (kuva 1). Jos näissä kohteissa saataisiin kuivatus kunnostettua ja pidettyä se myös hyvässä kunnossa, merkitsi se tien kestoian paranemista kohteesta riippuen 1,5 - 2 -kertaiseksi. Myös ROADEX II -projektin teoreettiset laskelmat tukivat näitä havaintoja ja näiden laskelmien tulokset antoivat jopa kestoikäkertoimia 2,2 - 2,6. Johtopäätöksenä oli, että jos kuivatuksen kunnostus ja ylläpito voidaan hoitaa taloudellisesti, merkitsee tämä suuria säästöjä päällystetyn tieverkon vuosikustannuksissa (Berntsen ja Saarenketo 2005).

Potentiaalisista säästöistä saatiin konkreettinen esimerkki ROADEX III -projektin yhteydessä tehdyissä Rovaniemen hoidon ja ylläpidon alueurakan kuivatusanalyysissa, jossa kuivatuksen paremmalla hoidolla saavutettavat potentiaaliset päällysteiden ylläpidon vuosisäästöt vaihtelivat päätiestön 11,4 %:sta paikallisteiden 14,5 %:iin. Laskelmien mukaan potentiaaliset säästöt olisivat Rovaniemen hoitoalueella vuodessa noin 335.000 € ja se summa voitaisiin käyttää vuosittain kuivatuksen kunnostukseen ja hoitoon ja toiminta silti olisi kannattavaa. Suomen tasolla vastaavat säästöt olisivat 30-40 m€, mikä vastaa jo keskikokoisen tiepirin päällystysbudjettia (Saarenketo 2007).

ROADEX III -projektin tutkimuksen jälkeen kuivatusanalyysijä on jatkettu Kittilän ja Kemin hoidon ja ylläpidon alueurakoiden valmistelutöiden yhteydessä. Näissä töissä on selvitetty Rovaniemen tutkimusten tapaan alueurakoiden päällystettyjen teiden ja Kittilässä myös sorateiden kuivatuksen kun-

toa. Tulosten perusteella valittiin alueurakan asiakirjoissa esitettävät kuivatuksen kunnostuskohteet sekä päätiestöltä erikoiskuivatuskohteet, joissa vaatimuksena on kunnostuksen jälkeen myös pitää ne moitteettomassa kunnossa.

Tässä loppuraportissa kuvataan tutkimuksissa käytetyn kuivatusanalyysin tutkimusmenetelmät sekä verrataan eri alueurakoiden kuivatusanalyysien tuloksia ja kuivatusanalyysien kannattavuuslaskelmia keskenään. Kemin, Rovaniemen ja Kittilän alueiden tiestö poikkeaa ilmastollisesti ja topografian sekä pohjamaan laadun suhteen toisistaan ja tämän selvityksen jälkeen voitiin tuloksista vetää jo laajempia johtopäätöksiä siitä, että Lapin tiepiirin kannattaa panostaa päällystettyjen teiden hyvään kuivatukseen.



Kuva 1. Kuivatuksen kunto ja tien urautuminen, maantie 934, tieosa 1, Rovaniemi. Ylimpänä on esitetty myös tieprofiilin luokat.

## 2 KUIVATUSANALYYSITEKNIikka

### 2.1 Yleistä

Tässä projektissa käytetty kuivatusanalyysi koostuu kaikkiin tien kuivatuksen kuntoon liittyvien tietojen keräämisestä, luokittelusta ja analyysistä sekä raportoinnista ja viimeiseksi erikoiskuivatuskohteiden valinnasta. Uudet kuivatuksen analyysimenetelmät piti kehittää sekä päällystetyille että soratieverkolle, jotta voitiin luotettavasti määrittää tieverkon sen hetkinen kuivatuksen kunto. Tämän jälkeen voitiin asettaa eri hoitourakoille uudet ja järkevät tavoitteet kuivatuksen standardeiksi. Kuivatuksen erikoishoitoluokkakohdeiden määrittämistä varten tarvittiin myös systemaattinen kuivatusanalyysimenetelmä, jonka avulla voitiin paikantaa kriittiset tiejaksot, missä huono kuivatus aiheutti tien ennen aikaista vaurioitumista. Lisäksi, kuivatusanalyysimenetelmän piti olla riittävän yksinkertainen ja selkeä ja siinä piti olla määrittelyt jokaiselle kuntoluokalle. Kuivatusanalyysin tuloksia voitiin käyttää ennen hoitourakkaa kuivatuksen nykytason määrittämisessä urakan kustannuslaskentaa varten, mutta myös myöhemmin urakan seurannassa, miten urakoitsija on suoriutunut vaatimuksista.

### 2.2 Mittaustekniikka kentällä

Kuivatusanalyysia kehitettäessä tavoitteena oli luoda tekniikka, jossa kuivatuksen kunto voidaan analysoida riittävän objektiivisesti ja että paikannus olisi niin tarkka, että tuloksia voidaan tallentaa erilaisiin rekistereihin ja että tulokset voidaan luotettavasti linkittää tieltä tehtyihin muihin mittaustuloksiin. Projektin alussa kehitettyyn kuivatuksen analyysitekniikkaan on myös tehty useita erilaisia parannuksia, joiden ansiosta kuivatusanalyysi on parantunut laadultaan ja mittausteholtaan merkittävästi. Viimeisimpiä kokeiluita on ollut lämpökameran käyttö kuivatusanalyysissä, josta saatiin erittäin lupaavia tuloksia ja näitä testejä on tarkoitus myös jatkaa (Saarenketo 2008).

Kuivatustutkimusten alussa hyvin nopeasti havaittiin, että pelkkä autossa tehty visuaalinen analyysi ei riitä vaan tien ojien ja päällysteen kunto on tallennettava myös videolle. Siksi kuivatusanalyysin kenttämittauskalustoon kuuluu nykyään auton katolle asennetut kaksi digitaalista videokameraa ja differentiaali GPS-paikannuslaite (kuva 2). Videokameroista toinen on suunnattu kuvaamaan tien reunaa ja ojaa ja toinen kuvaa päällysteen kuntoa. Kamerate ja GPS ovat yhteydessä auton sisällä olevaan tietokoneeseen, jossa Road Doctor® CamLink -ohjelma tallentaa videon ruutujen numerot ja vastaavat GPS -koordinaatit log-tiedostoon, josta tulokset linkitetään tierekisteriosoitteeseen. Lisäksi videokuvauksen aikana mittaustekniikka tallentaa tietokoneen näppäimiä käyttäen alustavan kuivatuksen ja laskuojien kuntoarvion suoraan RD® CamLink -tiedostoon ja tekee samalla suullisia kommentteja digitaalisen videon audionauhalle. Näissä kommentteissa huomautetaan mm. analyysin aikana tehdyistä virhenäppäilyistä, jotka on myöhemmin korjattava. Nämä suulliset kommentit havaittiin erittäin tärkeäksi, kun haluttiin tehdä luotettavaa ja toistettavaa analyysia.

Tiedonkeruun aikana mittausajoneuvon nopeus oli 20-30 km/h ja molemmat tien reunat analysoidaan erikseen.



*Kuva 2. Kuivatusanalyysissa auton katolle asennetaan kaksi digitaalista videokameraa, joilla kuvataan tien reunan ja ojan kuntoa sekä tien yleiskuntoa. Videot paikannetaan differentiaali GPS -järjestelmän avulla.*

## 2.3 Kuivatusluokittelu

Kuten aikaisemmassa kappaleessa mainittiin, kuivatuksen kunto luokiteltiin tässä tutkimuksessa käyttämällä Ruotsissa ja Suomessa yleisesti käytettyä kolmea kuntoluokkaa. Paremmuusjärjestyksessä nämä luokat ovat: hyvä (luokka 1), välttävä (luokka 2) ja huono (luokka 3). Jokaisen luokan kuvaus on esitetty kuvissa 3-5.

Pääasiassa sivuojen kuntoon perustuvan yleisluokittelun lisäksi laskuojien toimivuus luokiteltiin kahteen luokkaan: 0: laskuoja toimii vähintään tyydyttävästi ja 1: laskuoja on tukossa. Tässä projektissa, kolmen hoitoalueen analysoinnin perusteella, voidaan kuitenkin todeta, että laskuojien kunnan luotettava analysointi vaatii vielä kehittämistä. Suurin ongelma on, että liikuvasta autosta laskuojan paikantaminen ja sen kunnan määrittäminen ei aina onnistu. Kemin urakassa laskuojia pyrittiin paikantamaan käyttämällä GPS -mittaustietojen z-koordinaatteja ja päättelemällä, että jokaisessa notkossa pitää olla laskuoja. Näin analyysin laatua saatiin merkittävästi parannettua. Kuitenkin jatkossa tulisi harkita tekniikkaa, jossa kolmas kamera suunnataan suoraan sivulle ja laskuojien kunto paikannetaan jälkikäteen tämän videon tai videosta tehtyjen still -kuvien perusteella. Kolmen videokameran järjestelmät ovat käytössä jo useissa maissa erilaisissa tien kunnan analyyseissä.



*Kuva 3. Luokka 1: Hyvä kuivatuksen kunto. Kuivatus kuntoluokassa 1 on virheetön. Poikkileikkaus on säilyttänyt muotonsa hyvin ja vesi valuu tieltä sivuojiin esteettömästi. Vedellä on myös vapaa kulku sivuojissa.*



*Kuva 4. Luokka 2: Välttävä kuivatuksen kunto. Kuivatuksen kuntoluokassa 2 voidaan havaita pieniä muutoksia tien poikkileikkauksessa. Tien pientareella on pieniä reunapalteita tai kasvillisuutta, joka estää veden virtaamisen sivuojaan. Kasvillisuus sivuojissa estää veden virtaamisen ja aiheuttaa patoja. Pieni määrä maa-ainesta on valunut tien pientareelta sivuojiin nostaen ojan alapinnan tasoa. Tämä hidastaa veden virtaamista ja nostaa pohjaveden pintaa.*





*Kuva 5. Luokka 3: Huono kuivatuksen kunto. Tie, jossa on monia vakavia ongelmia, luokitellaan luokkaan 3. Tien pientareilla on korkea reunapalle ja/tai tiheää kasvillisuutta, mikä aiheuttaa lammikoitumista ajoradalla tai pientareella. Kasvillisuus sivuoissa rajoittaa veden virtaamista ja aiheuttaa patoja. Epävakaa maaperä valuu luiskista sivuojaan ja estää veden virtaamisen. Tukkeutuneet rummut tai laskuojat estävät veden virtaamisen sivuoissa. Kaikki yllämainitut tilanteet johtavat tierakenteen poikkileikkauksen muodonmuutoksiin ja vaurioihin.*

## 2.4 Tien profiilin luokittelu

ROADEX -projektin eri tutkimustulokset antoivat olettaa, että etenkin sivukaltevissa rinteissä sijaitsevat tiet kärsivät kuivatusongelmista ja niiden kunto oli muuta tiestöä huonompi. Asian varmistamiseksi kuivatusanalyysiin laadittiin tien eri maasto-olosuhteisiin perustuva poikkileikkausprofiilien luokittelu. Tämä ns. tasausviivan luokittelu auttaa ja helpottaa kuivatusanalyysia, mutta luokittelun tuloksia voidaan myös hyödyntää, kun suunnitellaan kuivatuksen parantamisstrategiaa ja hoitoluokitusta. Esimerkiksi korkealla penkereellä sijaitsevalle tieosuudelle ei ole mitään syytä vaatia yhtä vaativaa kuivatusluokkaa kuin esimerkiksi tieleikkauksiin tulisi vaatia.

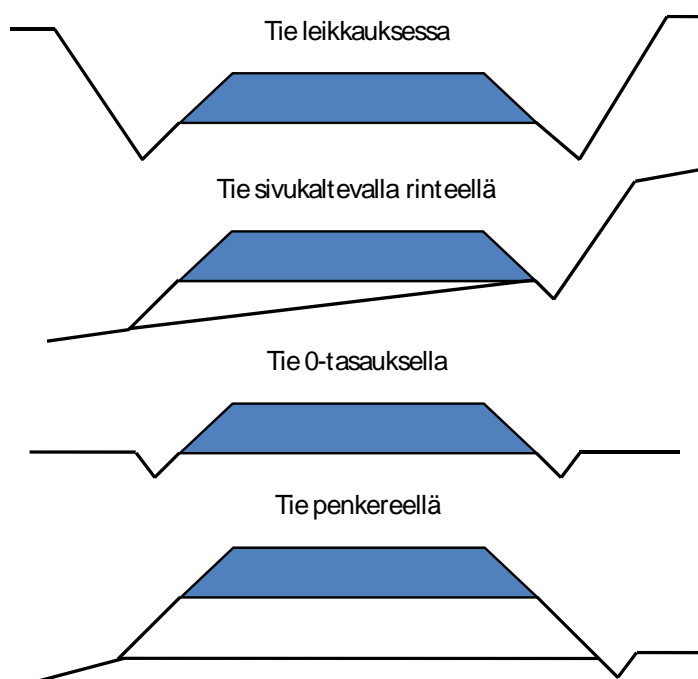
Kuivatusanalyysissa tiet jaettiin poikkiprofiilin perusteella neljään eri luokkaan, jotka olivat (kuva 6):

1. Leikkaus: Tie on leikkauksessa, kun perustamistaso on ympäröivän maapinnan alapuolella. Tien molemmiin puoliin on sivuojat – tai niissä pitäisi olla sivuojat.
2. Sivukalteva maasto: Tie on sivukaltevassa maastossa, kun pohjavesi virtaa – tai yrittää virrata – tien alitse. Ylärinteen puolella on sivuoja, mutta alempi puoli on normaalisti maan pinnan tasossa tai se on rakennettu pientareelle. Paikoin myös tien alemmalla puolella voi olla sivuoja.



3. 0-taso: Tie on 0-tasossa (nolla-tasaus), kun tierakenteiden perustamistaso on suurin piirtein ympäröivän maanpinnan tasolla. Tien pinta ei ole korkeammalla kuin 1 m ympäröivästä maanpinnasta. Tien molemmilla puolilla on normaalisti sivuojat.
4. Penger: Tie on penkereellä, kun päällysrakenteen alapinta on selvästi ympäröivää maanpintaa korkeammalla (tien pinta on enemmän kuin 1 m korkeammalla kuin ympäristö). Penkereillä ei yleensä ole oja lainkaan tai sivuoja voi olla vain yhdellä puolella.

Kuivatusanalyysissä tien poikkiprofiilin luokittelu tehtiin yleensä vain suuntaan 1 ajettaessa ja se tehtiin sekä tietokoneen näppäimillä että videon ääniraidalle, josta se vielä jälkikäteen tarkistettiin. Luokittelu on suhteellisen helppo ja halpa tehdä ja analysoida ja sen edut ovat selvästi siitä aiheutuvia lisäkustannuksia suuremmat.



Kuva 6. Kuivatusanalyysin tien poikkiprofiilin (tasausviivan) luokituksessa käytetyt luokat.

## 2.5 Analyysit toimistolla ja tulosten esittäminen

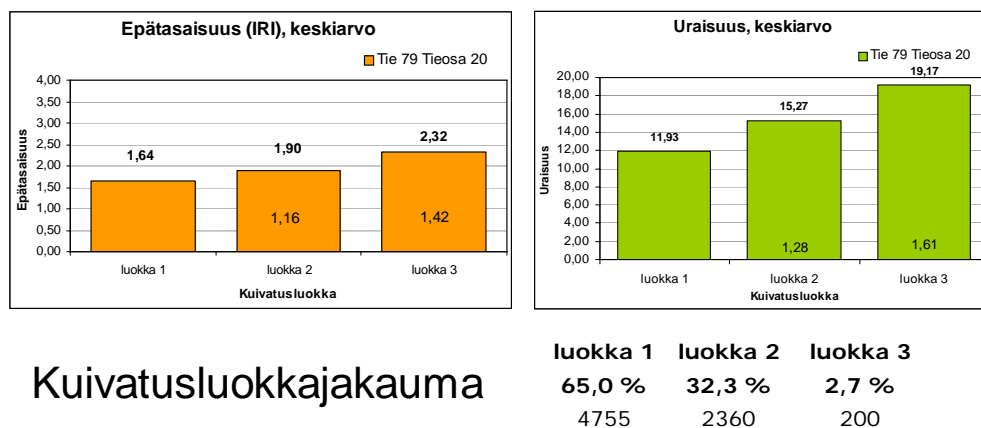
Kuivatusanalyysissä kerättyjen tietojen analysointi aloitettiin toimistolla perustamalla jokaiselle tieosalle projekti Road Doctor Designer® -ohjelmistoon, johon tämän jälkeen linkitettiin kuivatusanalyysin tiedot, tien poikkileikkaustiedot sekä digitaaliset videot. Samaan projektiin linkitettiin myös Lapin tiepiiriltä saadut PTM -auton uraisuus- ja IRI -historiatiedot useammalta vuodelta. Tämän jälkeen kuivatusanalyysi laadittiin käyttäen kahta eri tekniikkaa riippuen siitä, miten PTM -auton mittaustuloksia oli saatavilla.

Ensimmäisessä tekniikassa keskimääräinen vuosittainen uraisuuden kasvu laskettiin PTM -historiatiedoista käyttäen lineaarista mallia. Tämä edellyttää, että PTM -tietoja oli saatavilla usean vuoden ajalta. Mutta jos Tiehallinnon

tietokannasta oli saatavilla vain yhden tai kahden vuoden mittaustiedot, eivät lineaarisen regression tulokset olisi olleet luotettavia. Tässä tapauksessa mallissa käytettiin lineaarisen regression pohjana tietoja myös viimeisestä päällystevuodesta ja alku-urasyvyydestä.

Uraisuuden kasvuun perustuvassa kuivatusanalyysissä urautumista pidettiin normaalina, jos kasvu oli vähemmän kuin 0,8-1,0 mm vuodessa ja erittäin ongelmallisena, jos urautuminen oli yli 2 mm vuodessa. Urautumisnopeuden laskemisen jälkeen jokaisesta tieosasta laadittiin kartat, joiden avulla voitiin paikallistaa jaksot, joissa kuivatuksen huono kunto vaikutti selvästi tierakenteen pysyviin muodonmuutoksiin ja siten uraisuuteen. Road Doctor® -ohjelmaan laadittiin analyysistä myös kuivatusanalyysinäköymät, joita urakoitsijat ja tiemestarit pystyivät sitten katselemaan Road Doctor® Viewer tai Contractor -versioillaan.

Kuivatusanalyysin toista laskentamallia käytettiin, kun luotettavaa tietoa tietön uraisuuden kehittymisestä ja päällystyshistoriasta ei ollut saatavilla. Tällöin kuivatusanalyysi tehtiin käyttämällä tilastollista laskentamenetelmää, jossa keskimääräinen urasyvyys ja IRI-arvot laskettiin jokaiselle kuivatusluokalle tieosittain (kuva 7). Koska tiestä oli analysoitu kuivatusluokat tien molemmilta puolilta, tilastollisissa laskelmissa käytettiin kullekin IRI- ja uramittaustulokselle mittauskohteen huonompaa kuivatusluokkaa. Samalla tavalla voitiin laskea tilastollisia parametreja eri tieprofiileista.



Kuva 7. Esimerkki kuivatusanalyysin tilastollisen analyysin tulosteista. Kohde Kittilän hoitoalueen kt 79 tieosa 20. Vasemmalla ylhäällä on esitetty keskimääräiset IRI-arvot eri kuivatusluokissa ja oikealla vastaavat ura-arvot. Luokkien 2 ja 3 palkkien keskellä oleva luku on luokan IRI- tai ura-arvon suhdeluku kuivatusluokan 1 vastaavaan arvoon. Alimpana on esitetty eri luokkien suhteelliset osuudet.

Jos tilastolliset analyysit osoittivat, että IRI- tai ura-arvot kuivatusluokissa 2 ja 3 olivat selvästi korkeammat kuin luokassa 1, käytettiin tietoa perusteluna erikoiskuivatusluokakohteiden valinnalle ja nämä kohteet valittiin Road Doctor® -ohjelmalla.

Tilastollisissa analyysissä laskettiin kullekin tieosalle päällysteiden kestoikäkertoimet. Tämä "kestoikäkerroin" on huonon kuivatuksen päällysteen heikentävää vaikutusta kuvaava suhdeluku, joka määriteltiin laskelmalla uraisuuden keskiarvo huonoimman kuivatuksen 10 % urasyvyysjaksoille ja ver-

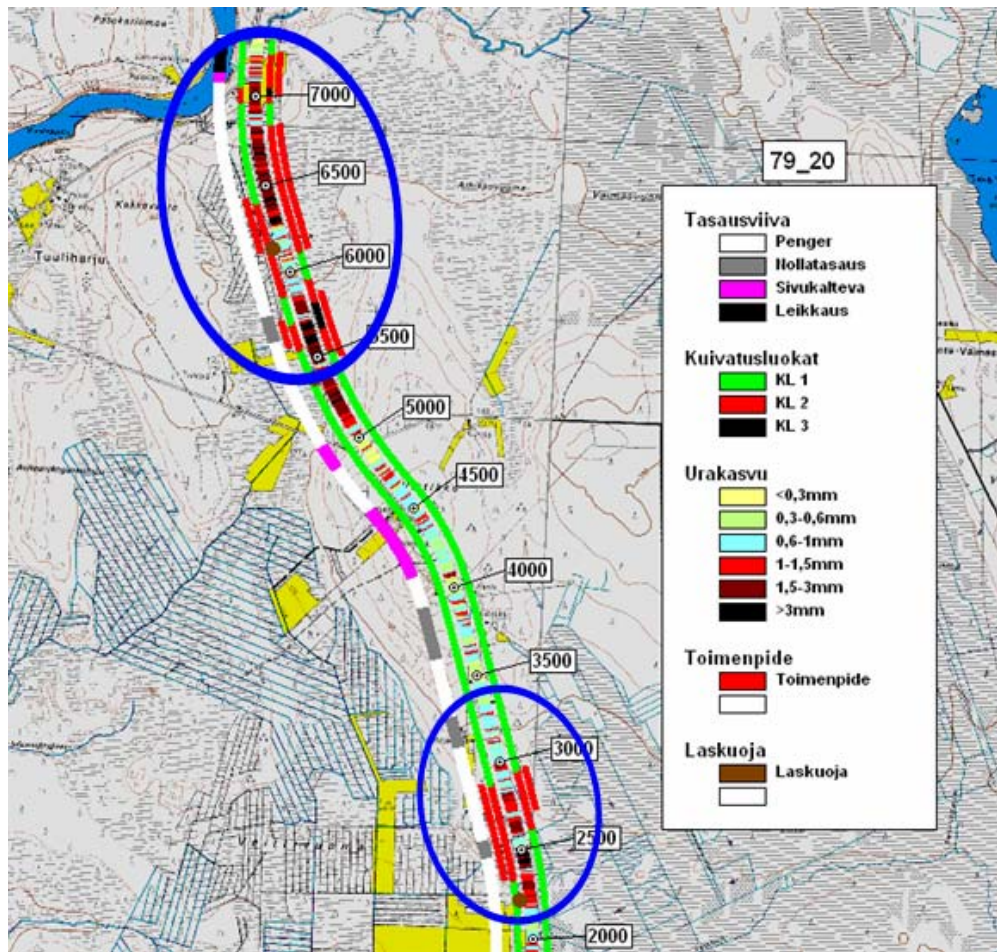
taamalla tätä kuivatusluokan 1 keskimääräiseen urasyvyyteen. Esimerkiksi jos 3 luokan kuivatuksen prosenttiosuus on enemmän kuin 10 %, käytetty suhdeluku on suora suhdeluku kolmannen ja ensimmäisen luokan kuivatuksen keskimääräisestä urasyvyydestä. Tapauksissa, joissa kuivatusluokkaa 3 on vähemmän kuin 10 %, lasketaan kestoikäkerroin 3-luokan ja 2-luokan kerrointen suhteellisilla osuuksilla.

## 2.6 Kuivatussuunnitelman laatiminen

Kuivatussuunnitelmasta ja/tai urakkakohteesta riippuen kuivatuksen erikoishoitoluokkakohdeiden valinnassa käytettiin Road Doctor Designer -ohjelmassa näkymää, jossa näytöllä oli samaan aikaan videon ja kartan lisäksi tiedot ura- ja IRI -historiasta, vuosittainen urasyvyyden kasvu (jos se oli voitu laskea), tien tasausviiva (z-koordinaatti) ja kuivatusanalyysin tulokset.

Tietokoneella tehtävillä korjattavien kuivatuskohteiden alku- ja loppupisteiden valinnassa videolla oli tärkeä rooli, sillä sen avulla kunnostettavat kohdeet pyrittiin paikantamaan järkeviksi kokonaisuuksiksi siten, että kohde päätyy aina toimivaan laskuojaan tai vastaavaan kohteeseen, jossa vesi pääsee esteettömästi pois tiealueelta.

Lopuksi kuivatussuunnitelman kohteet esitettiin GIS-kartalla (kuva 8), jossa esitettiin tasausviivan (tien poikkiprofiili), kuivatusluokat tien molemmin puolin, keskimääräinen urasyvyyden kasvu ja valitut kuivatuksen kunnostus- ja/tai erikoiskuivatuskohteet. Kohteista laadittiin niinkään urakka-asiakirjoja varten Excel-taulukot.



Kuva 8. Esimerkki korjattavien ja erikoiskuivatusluokkakohteiden (toimenpide) valinnasta Kittilän hoitoalueella kt 79 tieosa 20.

### 3 TUTKITTUJEN HOITOALUEIDEN JA NIIDEN ERITYISONGELMIEN ESITTELY

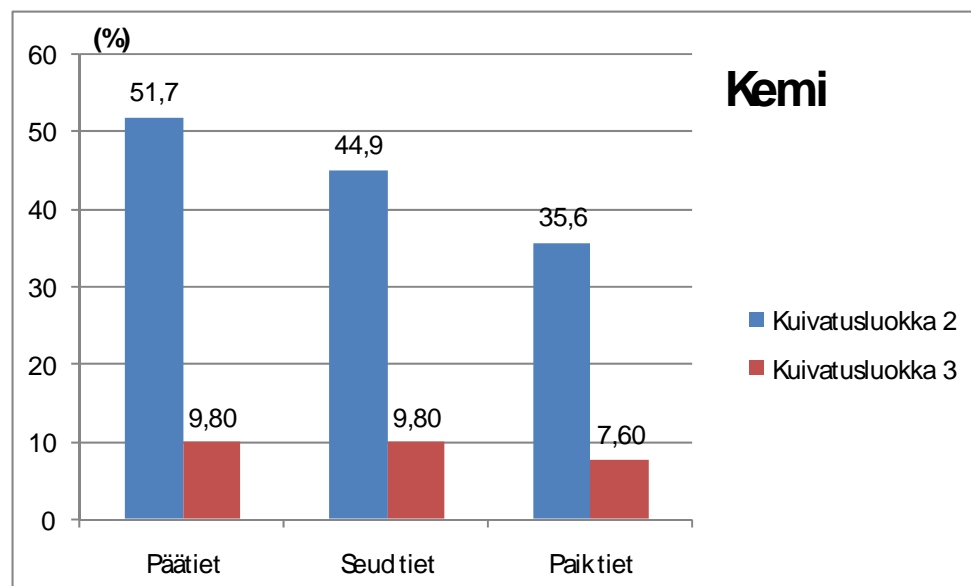
#### 3.1 Yleistä

Tässä kappaleessa käsitellään vuosina 2005-2008 tutkittujen Kemin, Kittilän ja Rovaniemen hoitoalueiden päällystettyjen teiden kuivatusongelmien erityispiirteitä. Rovaniemen hoitoalueen kuivatusanalyysin tulokset ja niiden erityispiirteet on raportoitu jo aiemmin ROADEX III -projektin raportissa (Saarenketo 2007).

#### 3.2 Kemin hoitoalue

Kemin urakka-alueen päällystettyjen teiden kunto tutkittiin kesällä 2008. Analysoituja päällystettyjä pääteitä (1- ja 2-numeroiset tiet) hoitoalueella oli 167 km, seudullisia teitä (3-numeroiset) 253 km ja paikallisteitä (4- ja 5-numeroiset) yhteensä 363 km.

Kemissä päällystettyjen teiden kuivatus oli yllättävän huonossa kunnossa ja kuten kuva 9 osoittaa: huonointa kuivatusluokkaa 3 tavattiin lähes 10 % matkalla sekä pääteillä että seudullisilla teillä. Tämä kertoo, että kuivatusluokka 3:n tiejaksot keskimäärin jo yksinään laukaisivat päällysteen korjaustarpeen. Yllättäen Kemissä paikallisteiden kuivatus oli suhteellisesti parhaimmassa kunnossa.



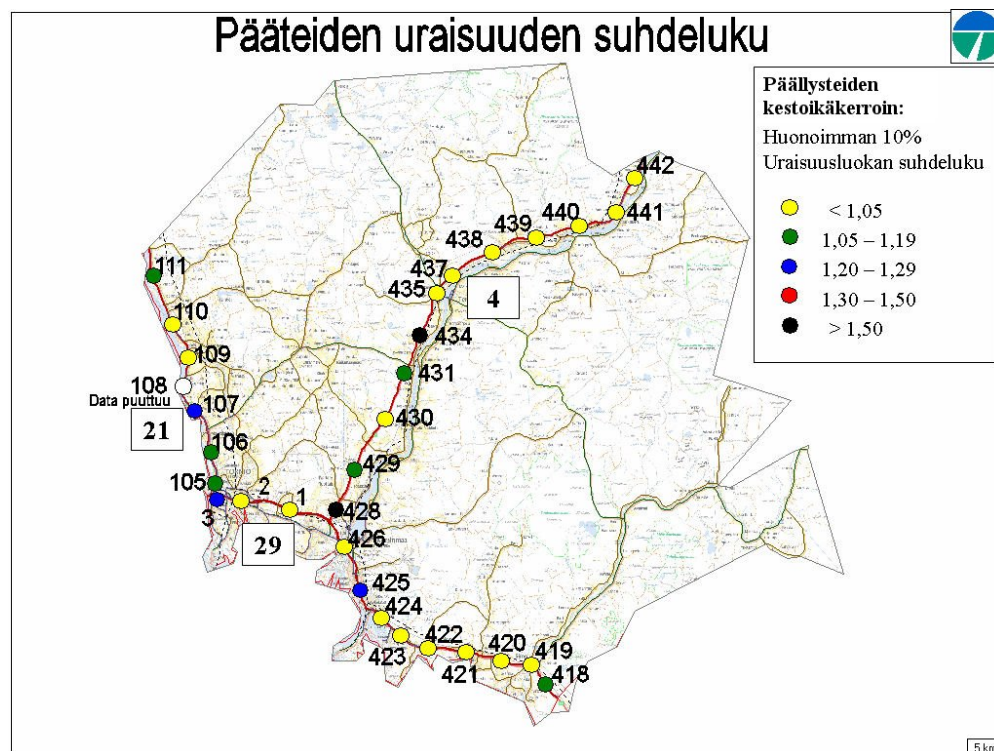
Kuva 9. Ongelmallisten kuivatusluokkien suhteellinen osuus Kemin hoitoalueen tieverkolla.

Taulukossa 1 on esitetty keskimääräiset ura- ja IRI-arvot eri tie- ja kuivatusluokissa Kemin hoitoalueella. Niistä nähdään, että pää- ja seudullisilla teillä ura- ja IRI-arvot olivat yllättäen keskimäärin jopa paremmat kuin kuivatusluokka 1 kohteissa.

*Taulukko 1. Kemin hoitoalueen päällystettyjen teiden keskimääräiset IRI- ja ura-arvot eri kuivatusluokissa.*

Kemi	Ura_päättiet	IRI_päättiet	Ura_seud tiet	IRI_seud tiet	Ura_paik tiet	IRI_paik tiet
Kuivatusluokka	(mm)	(mm/m)	(mm)	(mm/m)	(mm)	(mm/m)
1-luokka	6,69	1,29	4,73	1,63	5,18	2,13
2-luokka	6,10	1,20	4,74	1,74	5,96	2,17
3-luokka	6,99	1,19	5,26	1,85	7,38	2,24

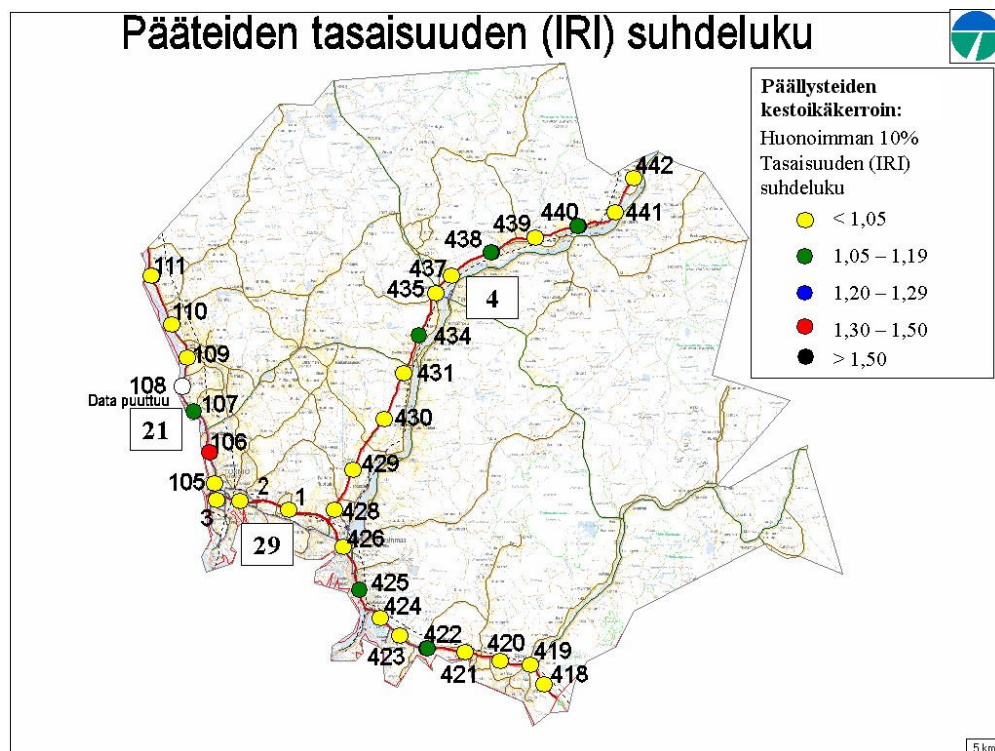
Kuitenkin Kemissä löytyi myös päätiestöltä tieosuuksia, joissa kuivatuksen huono kunto vaikutti selvästi päällysteen kestoikään. Nämä tiejaksot nähdään kuvassa 10, joka esittää uraisuuden kestoikäkerrointa pääteillä sekä kuvassa 11, joka esittää vastaavia IRI-tiejaksoja. Kuva osoittaa, että jopa valtatiellä 4 löytyi jaksoja (tieosat 428 ja 434), joissa huonoissa kuivatuskohteissa urakasvunopeus oli yli 1,5 -kertainen hyviin hyvin toimiviin jaksoihin verrattuna. Valtatiellä 21 tilanne oli heikompi ja uraisuuden kannalta kuivatus oli kunnossa vain kahdella tieosalla (109 ja 110). Valtatieltä 21 löytyi myös poikkeuksellinen tiejakso (108), jossa ei löytynyt lainkaan kuivatusluokkaa 1, eikä tällöin kestoikäkerrointa voitu laskea.



*Kuva 10. Kuivatuksen vaikutus urakasvuun Kemin hoitoalueen päätiestöllä. Kuvassa on esitetty uraisuuden kestoikäkerroin eri tiejaksoilla.*

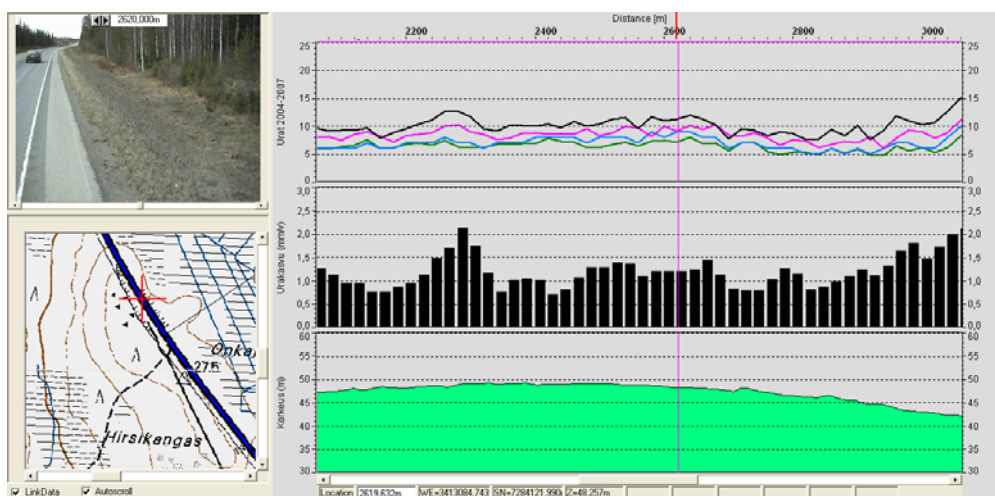
Kuten tilastot osoittivat, Kemin päätiestöllä huono kuivatus ei juurikaan vaikuttanut tiestön tasaisuuteen ja tiestöltä löytyi vain yksi tiejakso (vt 21, to 106), jossa IRI-arvot huonon kuivatuksen kohteissa olivat yli 1,3-kertaiset toimivan kuivatuksen kohteisiin verrattuna.





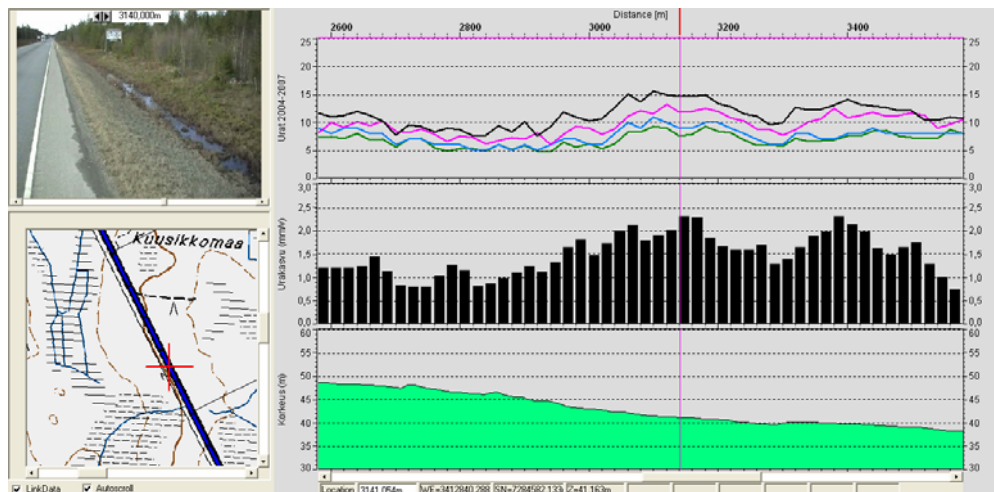
Kuva 11. Kuivatuksen vaikutus tasaisuuteen Kemijärven hoitoalueen päätiestöllä. Kuvassa on esitetty uraisuuden kestoikäkerroin eri tiejaksoilla.

Valtateiden analyysissa löytyi kuitenkin hyviä esimerkkejä kuivatuksen vaikutuksesta urautumiseen, joista kuvissa 12 ja 13 esitetyt kohteet on otettu valtatieltä 4, tieosalta 418, Lääninraja – Simo. Kuva 12 esittää urautumishistoriaa toimivan kuivatuksen alueella. Täällä urakasvu oli vain 0,8-1,0 mm vuodessa, mikä on yllättävän pientä tällaisella liikennemäärällä.



Kuva 12. Vt 4 tieosa 418 pl 2620 m. Kohteessa kuivatus toimii moitteettomasti ja urautuminen on keskimäärin 0,8-1,1 mm vuodessa. Road Doctor kuvassa yllmpänä on uramittaustulokset 2004-2007, keskellä niiden perusteella laskettu vuosittainen urakasvu (mm/v) ja alimpana tien pituusprofiili.

Kuva 13 esittää puolestaan esimerkkiä tiejaksosta, jossa kuivatuksessa on selviä ongelmia ja täällä urakasvu on 2,0-2,4 mm vuodessa eli yli kaksinkertainen kuvan 12 kohteeseen verrattuna. Kuvasta nähdään myös, että urakasvu ongelmakohdissa on ollut kiihtyvää.



Kuva 13. Vt 4 tieosa 418 pl 3140 m. Kohteessa kuivatuksessa on ongelmia ja urautuminen on keskimäärin 2,0-2,4 mm vuodessa. Road Doctor -kuvassa yllimpänä on uramittaustulokset 2004-2007, keskellä niiden perusteella laskettu vuosittainen urakasvu (mm/v) ja alimpana tien pituusprofiili.

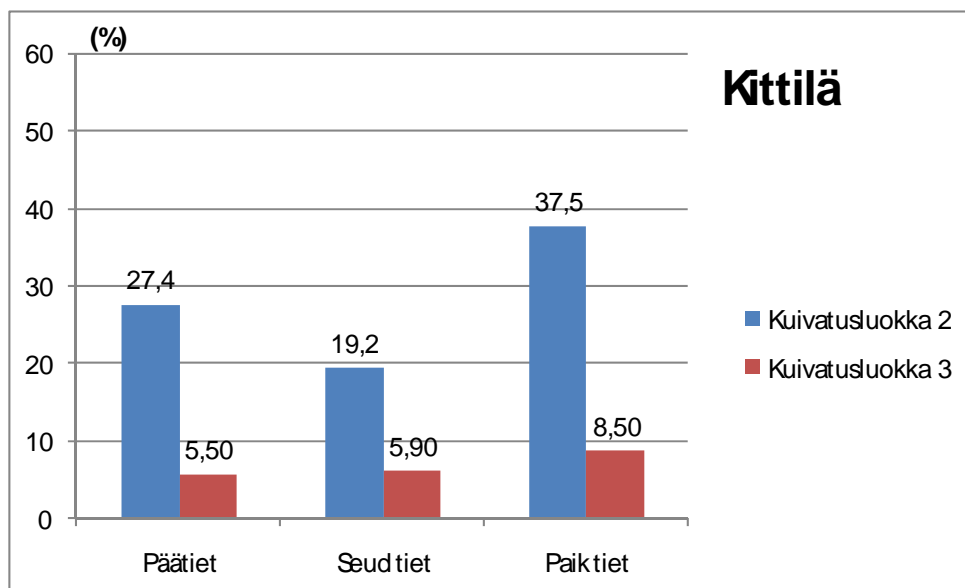
Kuva 13 kertoo esimerkin tyypillisistä Kemian hoitoalueen kaikkien päällystettyjen teiden ongelmakohdista: suhteellisen matalalla tasauksella oleva tiejakso sijaitsee alavalla tai loivasti viettävällä alueella, josta veden poistaminen on vaikeaa. Lisäongelmia Kemissä aiheuttavat vielä kohteet, joissa kalio on lähellä maanpintaa.

### 3.3 Kittilän hoitoalue

Kittilän hoitoalueen päällystettyjen teiden kuivatusanalyysi tehtiin vuonna 2007. Kittilän alueella oli runsaasti päällystettyjä pääteitä, yhteensä 528 km, päällystettyjä seudullisia teitä oli 217 km ja paikallisteitä verrattain vähän, 211 km. Kittilän hoitoalue on erittäin laaja ja topografia ja ilmasto-olosuhteiltaan vaihteleva alkaen Kittilän Metsälapin vaaramaisemista Kittilän ja Kolarin eteläosissa ja päättyen Kilpisjärven subarktiseen Tunturi-Lappiin, jossa tien alla tavataan vielä paikoin suoalueilla sporadista ikeiroutaa, jonka sulaminen on viime vuosina kiihtynyt ja se on aiheuttanut merkittäviä painuma-ongelmia alueen tiestölle. Tyypillistä alueelle ovat toisaalta suuret topografiavaihtelut ja toisaalta laajat ja tasaiset suoalueet, joissa toimivan kuivatuksen järjestäminen on lähes mahdotonta.

Kuvassa 14 on esitetty Kittilän hoitoalueen eri tieluokkien kuivatuksen ongelmakohtien suhteelliset osuudet. Kittilässä päätieteillä ja seudullisilla teillä kuivatusongelmia on noin 1/3 tiestöstä ja luokan 3 vaikeita kuivatusongelmia esiintyy noin 5 % pituudella, mikä merkitsee, että niiden vaikutus on noin puolet päällysteen kestoikäindeksiin. Paikallisteillä luokan 3 kuivatusjaksoja on lähes 10 % "liipasinrajan".





Kuva 14. Ongelmallisten kuivatusluokkien suhteellinen osuus Kittilän urakka-alueen tieverkolla.

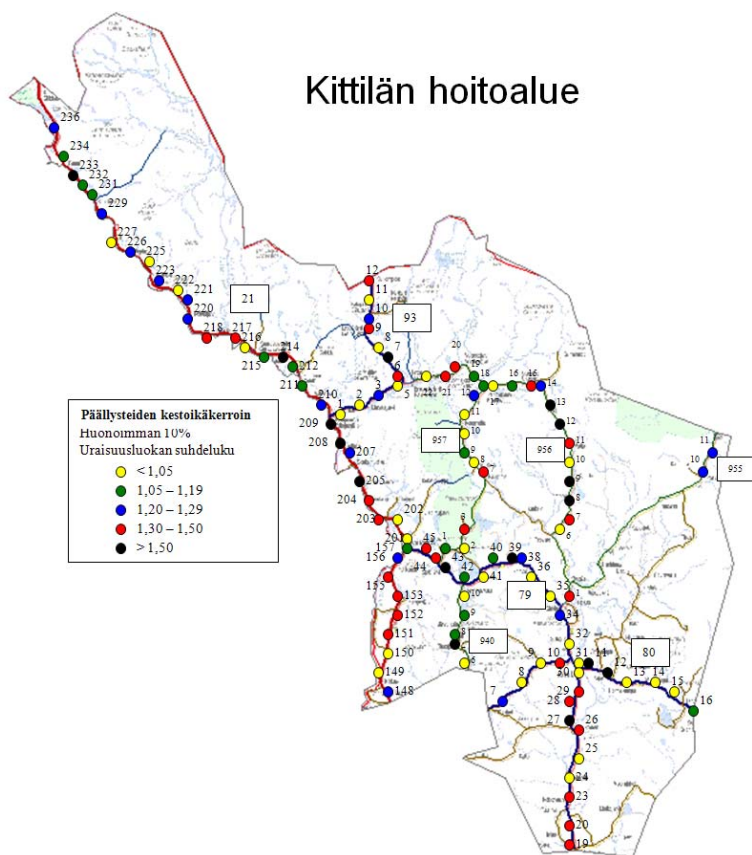
Taulukossa 2 on esitetty Kittilän urakka-alueen keskimääräiset ura- ja IRI-arvot eri tie- ja kuivatusluokissa. Tilastoista voidaan nähdä, että Kittilässä sekä IRI- että ura-arvot heikkenivät selvästi, kun kuivatuksen kunto muuttui huonommaksi.

Taulukko 2. Kittilän hoitoalueen päällystettyjen teiden keskimääräiset IRI- ja ura-arvot eri kuivatusluokissa.

Kittilä	Ura_päättiet	IRI_päättiet	Ura_seudutiet	IRI_seudutiet	Ura_paikallistiet	IRI_paikallistiet
Kuivatusluokka	(mm)	(mm/m)	(mm)	(mm/m)	(mm)	(mm/m)
1-luokka	8,08	1,77	4,45	2,28	4,82	2,33
2-luokka	9,99	2,16	6,44	2,67	5,44	2,55
3-luokka	10,53	2,39	7,68	3,11	7,07	3,11

Kartta kuvassa 15 esittää, miten huono kuivatus vaikuttaa eri tiejaksoilla päällysteiden urautumiseen Kittilän hoitoalueen pääteillä ja seudullisilla teillä. Siitä voidaan havaita, että kestoikäkertoimien hajonta on runsas ja kaikkia luokkia löytyy eri puolilla Kittilän tiestöä. Pääosin kuivilla kangasmailla sijaitsevilla tiejaksoilla kuivatus ei vaikuta kestoikään, mutta kosteilla moreeni- ja suoaleilla sijaitsevilla teillä kertoimet ovat pääosin yli 1,3. Päätiestöllä eräs ongelmallisimmista jaksoista on vt 21:llä Muonion ja Palojoensuun väli, jossa tie sijaitsee pääosin vaarojen sivukaltevilla rinteillä. Seudullisilla teillä eräs ongelmallisimmista jaksoista on mt 956 välillä Tepasto – Nunnanen, jossa tie kulkee suurten suoalueiden poikki.

Kittilän alueella huono kuivatus vaikutti selvästi myös epätasaisuuteen ja ongelmana sivukaltevissa rinnekohteissa sijaitsevilla teillä oli usein reuna-routavauriot, kuten voidaan nähdä kuvassa 16, joka on otettu kantatieltä 93 tieosalta 11. Huomattavaa on, että tällä jaksolla kuivatuksen kestoikäkerroin oli alle 1,05.



Kuva 15. Kuivatuksen vaikutus urakasvuun Kittilän hoitoalueen päällystetyillä pääteillä ja seudullisille teillä (1-, 2- ja 3-numeroiset tiet).



Kuva 16. Tyypillinen kuivatuspuute Kittilän hoitoalueella, kt 93, to 11, pl 2875 m. Sivukaltevalla rinteellä sijaitsevan tien sivuoja on täyttynyt ja huono kuivatus heijastuu reunan vaurioina. Tieosalla IRI -arvot kuivatusluokassa 3 olivat n. 1,5 kertaa korkeammat kuin luokassa 1.

### 3.4 Rovaniemen hoitoalue

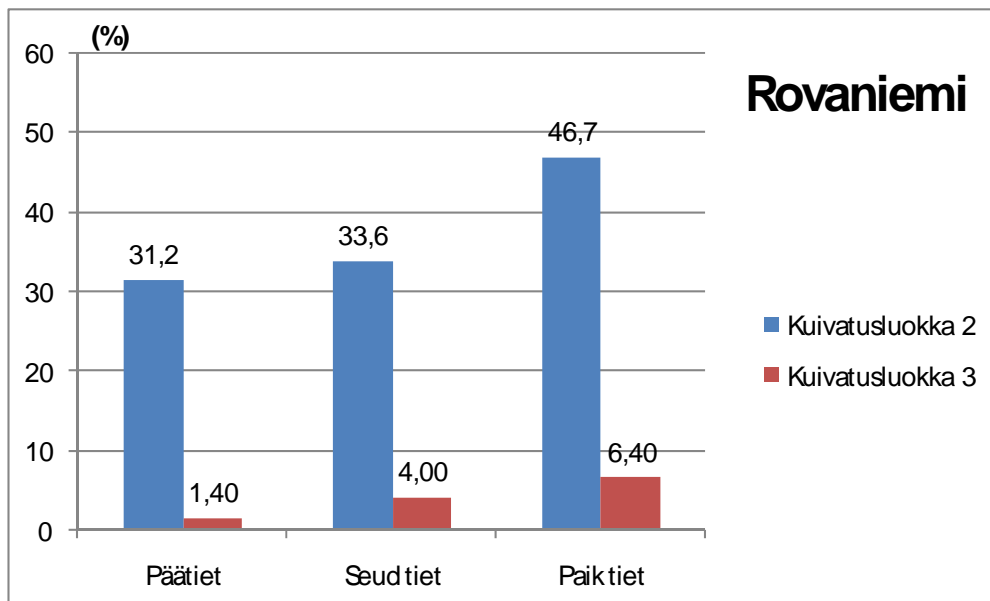
Rovaniemen hoitoalueen analyysijä tehtiin ROADEx -projektin yhteydessä vuosina 2005 ja 2006. Päällystettyjä pääteitä Rovaniemen hoitoalueella oli 382 km, seudullisia teitä 147 km ja paikallisteitä 116 km.

Rovaniemen alueella kuivatuksen kannalta havaittiin kaksi eri tyyppistä suur-aluetta, jossa huonosti toimiva kuivatus aiheutti hieman erilaisia ongelmia. Ensinnäkin suurten Kemi- ja Ounasjokien jokilaaksoissa sijaitsevilla teillä, jossa pohjamaa on usein silttiä tai hiekkaista silttiä, puutteellinen kuivatus näkyi selvemmin kohonneena päällysteen urautumisena ja sivukaltevissa rinteissä sijaitsevilla osuuksilla reunadeformaationa ja päällystevaurioina (kuva 17). Toisen tyyppin muodostivat jokialueiden ulkopuolella ja ylemmillä alueilla sijaitsevat tiet, joissa pohjamaa oli pääosin moreenia ja turvetta. Näillä kohteilla kuivatusongelmat heijastuvat urautumisen lisäksi selvästi myös epätasaisena routanousuna ja päällysteen reunavaurioina.



*Kuva 17. Tyypillinen huonosta kuivattuksesta aiheutuva päällystevaurio. Kuvat on otettu maantieltä 934, tieosa 4, pl 5820 m alkukesästä 2005 ja kuivatuksen kunnostamisen jälkeen syksyllä 2006.*

Kuvassa 18 on esitetty Rovaniemen hoitoalueen kuivatuksen ongelmakohtien suhteelliset osuudet eri tieluokissa. Rovaniemellä vaikeita luokan 3 kuivatusongelmia on tiestöllä suhteellisen vähän ja luokan 2 ongelmien osuudet kasvavat siirryttäessä korkeampiluokkaisilta teiltä paikallisteille.



Kuva 18. Ongelmallisten kuivatusluokkien suhteellinen osuus Rovaniemen hoitoalueen tieverkolla.

Rovaniemen hoitoalueen keskimääräiset ura- ja IRI-arvot eri tie- ja kuivatusluokissa on esitetty taulukossa 3. Myös Rovaniemellä tiestön uraisuus ja taseisuus heikkeni selvästi kuivatuksen kunnon heikkenemisen myötä. Huomattavaa oli erityisesti paikallisteillä kuivatusluokka 3:n heikko kunto (ura 15,7 mm ja IRI 3,6 mm/m).

Taulukko 3. Rovaniemen hoitoalueen päällystettyjen teiden keskimääräiset IRI ja ura-arvot eri kuivatusluokissa.

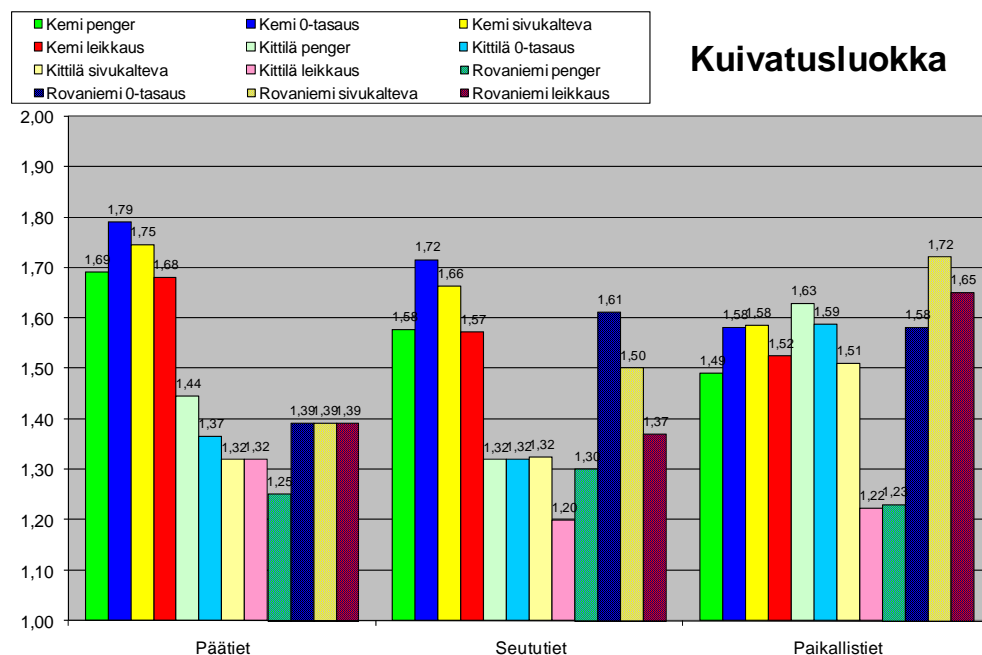
Rovaniemi	Ura_päättiet	IRI_päättiet	Ura_seudutiet	IRI_seudutiet	Ura_paikallistiet	IRI_paikallistiet
Kuivatusluokka	(mm)	(mm/m)	(mm)	(mm/m)	(mm)	(mm/m)
1-luokka	6,46	1,42	5,95	1,66	6,79	1,93
2-luokka	7,65	1,66	6,88	2,04	8,7	2,33
3-luokka	9,83	1,84	8,23	2,36	15,73	3,57

## 4 KUIVATUSANALYYSIN TULOSTEN VERTAILUA ERI HOITOALUEIDEN VÄLILLÄ

### 4.1 Kuivatuksen nykyinen kunto päällystetyillä teillä eri hoitoalueilla

Kuva 19 esittää kuivatuksen keskimääräistä kuntoa eri tieprofieilla eri tieluokissa tutkituilla hoitoalueilla. Siitä voidaan havaita, että Kemian alueella pääteillä ja seudullisilla teillä kuivatus on selvästi huonommassa kunnossa kuin Kittilässä ja Rovaniemellä. Yllättäen Kemissä kuivatuksen kunto paranee, kun pääteiltä mennään seudullisille teille ja edelleen paikallisteille. Rovaniemellä tilanne on puolestaan päinvastoin ja päätiestön kuivatus on suhteellisesti parhaimmassa kunnossa. Kittilässä pää- ja seudullisilla teillä kuivatuksen taso on samalla tasolla ja myös parempi verrattuna Kemiin ja Rovaniemeen. Toisaalta Kittilässä paikallisteiden kuivatuksen taso on yhtä heikko kuin muualla.

Eri profieista 0-tasaus ja sivukaltevalla rinneosuuksilla kuivatus oli Kemissä hieman huonompi kuin muilla osuuksilla. Kittilän pääteillä kuivatus oli pengerosuuksilla huonommassa kunnossa kuin muissa tieprofieilla. Tämä selittyy alueella olevilla pitkillä suokohteilla. Paikallisteista erottuivat selvästi parempina Kittilän tieleikkausjaksot sekä Rovaniemen pengerosuudet.

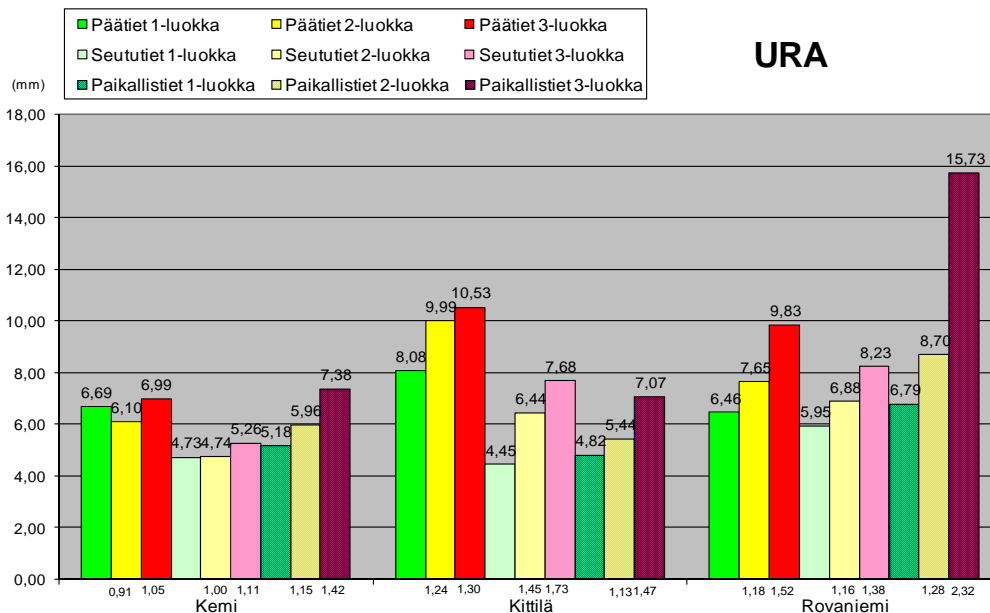


Kuva 19. Kuivatuksen keskimääräinen kunto eri tutkimuskohteissa, eri tieluokissa ja eri poikkiprofieilla.

## 4.2 Kuivatus ja urautuminen

Kuvassa 20 on esitetty yhteenveto kuivatuksen kunnan ja urasyvyyden suhteista eri tutkimusalueilla. Vaikka analyysit on tehty eri vuosina voidaan kuvasta voidaan vetää monia mielenkiintoisia johtopäätöksiä.

Ensinnäkin urasyvyys kasvaa selvästi kuivatusluokan heiketessä Kittilässä ja Rovaniemellä kaikissa tieluokissa, mutta Kemissä vastaava trendi näkyy selvästi vain paikallistiestöllä. Kemissä luokan 3 kuivatusjaksoilla uraisuus oli päätiestöllä vain keskimäärin 5 % ja seudullisilla teillä 11 % suurempi kuin kuivatusluokan 1 jaksoilla. Koska kuivatuksen kunnolla ei ole ollut niin suurta vaikutusta tien kuntoon, selittänee tämä osittain myös sen, että pääteillä ja seudullisilla teillä Kemissä kuivatus on huonommassa kunnossa verrattuna Rovaniemeen ja Kittilään.

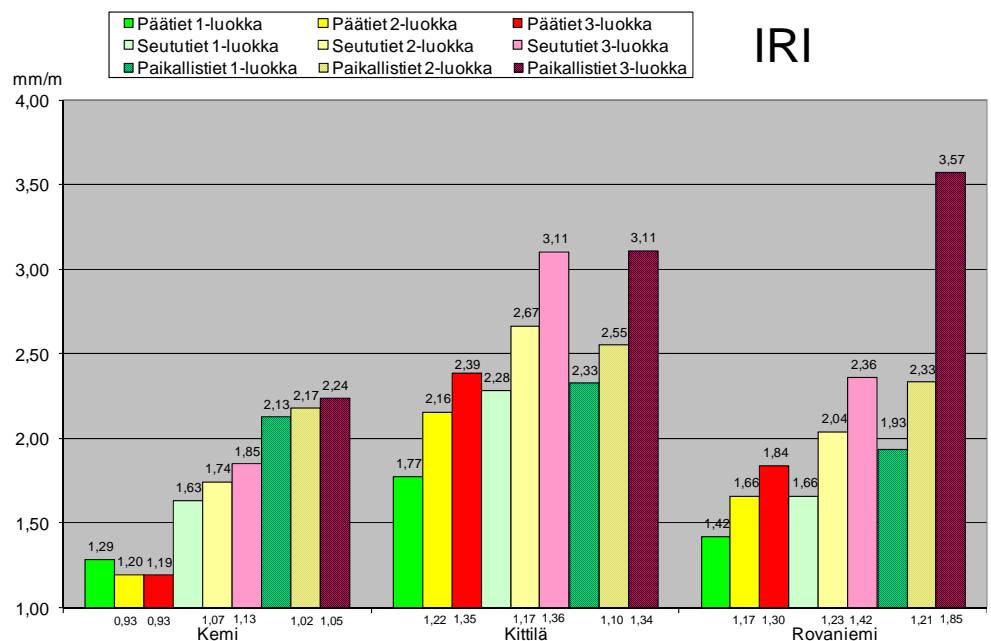


Kuva 20. Tiestön keskimääräinen urasyvyys eri kuivatusluokissa ja eri tieluokissa Kemin, Kittilän ja Rovaniemen urakka-alueilla. Pylväiden alla olevat kertoimet kertovat kuivatuksen 2- ja 3-luokan keskimääräisen urasyvyyden suhteesta 1-luokan urasyvyyteen.

## 4.3 Kuivatus ja tasaisuus

Kuvassa 21 on esitetty kuivatuksen kunnan ja tien tasaisuuden (IRI-arvot) keskimääräiset suhteet eri hoitoalueella. Kuva osoittaa uraisuuteen verrattuna vieläkin selvempää korrelaatiota huonon kuivatuksen ja korkeampien IRI-arvojen välillä. Ainoana poikkeuksena on Kemin hoitoalueen päätiät, joissa IRI -arvot ovat keskimäärin jopa parempia siellä missä kuivatuksessa oli puutteita. Tämä selittyy jälleen sillä, että kuivatuksen kannalta arvataviin ongelmakohteisiin on pääteille jo valmiiksi rakennettu järeämmät ja routamitoitetut rakenteet.

Hoitoalueita keskenään verrattaessa havaitaan, että Kittilässä tieluokasta ja kuivatuksen tasosta riippumatta keskimääräiset IRI -arvot ovat aina Kemiä ja Rovaniemeä korkeammat. Ainoa poikkeus oli Rovaniemen paikallisteiden kuivatusluokan 3 epätasaisuus, joka oli Kittilääkin suurempi. Kun Rovaniemen tasaisuusarvot puolestaan vastaavasti olivat tasollisesti Kemiä suuremmat kaikissa luokissa, voidaan perustellusti heittää epäily, onko teiden mitoituskäytäntö roudan kannalta Lapissa oikea. Pohjoiseen mentäessä kerospaksuudet eivät selvästikään ole kasvaneet niin paljon kuin pakkasmäärät olisivat edellyttäneet ja tämä näkyy tien tasaisuudessa. Koska trendi on sama kaikissa tieluokissa, ei eroa voida selittää liikennemääriin ja kuormituskertalukuun perustuvalla mitoituksella. Kuvan perusteella pohjoisemmassa Lapissa ei voida tarjota samaa palvelutasoa kuin etelämpänä.



Kuva 21. Päällystetyn tiestön keskimääräiset IRI -arvot eri kuivatusluokissa ja eri tieluokissa Kemin, Kittilän ja Rovaniemen urakka-alueilla.

#### 4.4 Kuivatus ja päällysteen kestoikä

Koska päällysteen keskimääräinen kestoikä eri hoitoalueilla oli suhteellisen hankala laskea, käytettiin näissä laskelmissa Tiehallinnon tietokannoista saatuja tietoja kunkin tieosan viimeisestä päällystysvuodesta ja kestoikälaskelmissa käytettiin kestoikänä analyysihetkestä keskimääräistä aikaa viimeiseen päällystysvuoteen. Nämä tiedot eivät ole kestoian kannalta täysin oikeita ja luotettavia, mutta kuitenkin suuntaa antavia ja, ainakin osin, vertailukelpoisia keskenään.

Päällysteen kestoikälaskelmien tulokset on esitetty taulukossa 4. Niistä löytyi yllättävänkin suuria eroavaisuuksia, jotka jopa näyttäisivät korreloivan kuivatuksen kunnon kanssa. Nimittäin lyhyin "kestoikä" kaikilla teillä on Kemin hoitoalueella, jossa kuivatuksen kunto on myös kaikissa tieluokissa heikoin. Pissimmät "kestoikä" puolestaan löytyivät Kittilästä, jossa kuivatus on keskimää-



rin hieman parempi kuin Rovaniemellä. Päällystysten ohjelmointiin vaikuttavat hyvin paljon myös muut seikat, kuten nastarengaskulutus, raskaan liikenteen määrä ja nopeusrajoitusten määräämä suurin sallittu urasyvyys ja siksi tämä johtopäätös voi olla myös virheellinen.

*Taulukko 4. Päällysteen ”kestoikä” eli keskimääräinen aika viimeisestä päällystystoimenpiteestä eri hoitoalueella ja eri tieluokissa.*

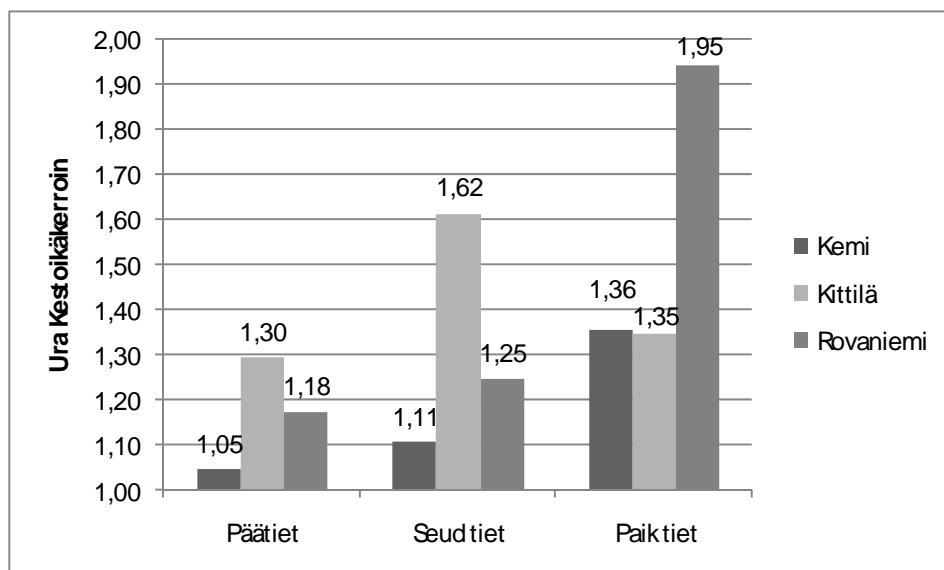
	Kemi	Kittilä	Rovaniemi
Päätiet	5	12	10
Seudulliset tiet	9	15	13
Paikalliset	10	15	11

Toinen tapa tarkastella kuivatuksen vaikutusta päällysteen kestoikään on käyttää ura- ja IRI -mittaustulosten tilastollisia tarkasteluja. Kuvissa 22 ja 23 on esitetty päällysteen uusimis- tai korjaustarpeen laukaisevan huonoimman 10 % ura- ja IRI -arvojen suhde kuivatusluokan 1 keskimääräisiin ura- ja IRI -arvoihin – tätä kerrointa on aiemmin kutsuttu tässä raportissa päällysteen kestoikäkerroimeksi.

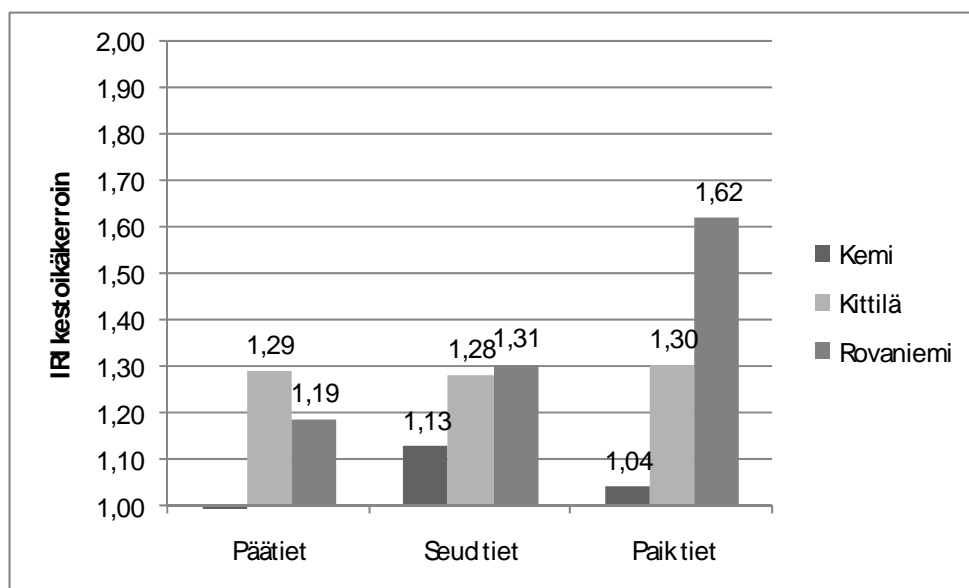
Kuva osoittaa, että huono kuivatus vaikuttaa päällysteen kestoikään pääteillä ja seudullisilla teillä selvästi eniten Kittilässä, jossa seudullisilla teillä keskimääräinen kestoikäkerroin on jopa 1,62. Näin suuri ero vahvistaa aiemman arvion, että pohjoisimmassa Lapissa käytetty tierakenteen mitoitus ei ole urautumisen kannalta ollut riittävä. Paikallisteillä suurin kerroin saatiin Rovaniemen hoitoalueen paikallisteiltä ja täällä kuivatuksen yleiskuntokunto muutenkin oli selvästi huonoin.

Nämä tulokset osoittavat selvästi kuinka merkittävästi huono kuivatus vaikuttaa sekä päällysteen urautumiseen että epätasaisuuteen. Ainoa poikkeus oli Kemin hoitoalueen päteiden IRI -arvot, jotka olivat keskimäärin jopa paremmat kohteilla, joissa kuivatuksessa oli puutteita. Tämä selittyy sillä, että Kemissä tunnetusti ongelmallisissa kuivatuskohteissa on päätiet rakennettu penkereelle ja rakenteet mitoitettu muutenkin huomattavasti järeimmiksi. Tätä tukevat myös tilastot, joiden mukaan Kemissä päteistä 55 % sijaitsee penkereellä ja niiden keskimääräinen kuivatusluokka on 1,67, kun esimerkiksi Rovaniemellä päteistä vain 40 % on penkereellä ja näiden penkerosuuksien keskimääräinen kuivatuksen kunto on 1,25.





Kuva 22. Uraisuuden perusteella lasketut päällysteen kestoikäkertoimet kuivatuksen suhteen Kemin, Kittilän ja Rovaniemen hoitoalueilla eri tieluokilla.



Kuva 23. Epätasaisuuden perusteella lasketut päällysteen kestoikäkertoimet kuivatuksen suhteen Kemin, Kittilän ja Rovaniemen hoitoalueilla eri tieluokilla.

## 4.5 Kuivatuksen kunnostuksen kannattavuustarkastelut

Lopuksi laadittiin ROADEX -kuivatusraportin (Saarenketo 2007) mukaisesti kannattavuuslaskelmat niistä potentiaalisista säästöistä, joita saataisiin jos päällysteiden kestoikä uraisuuskehityksen kannalta saataisiin kuivatusluokan 1 kestoikää vastaavaan kuntoon. Laskelmissa käytettiin TPPT projektissa kehitettyjä elinkaarikustannuslaskentakaavoja. Päällysteen hintana käytettiin 5 €/m<sup>2</sup> ja diskonttokorkona 4%. Teiden keskimääräiset leveydet saatiin tie-rekisteristä. Muut parametrit, kuten keskimääräiset kestoiät ja kestoikä-kertoimet on esitetty aiemmin tässä raportissa. Vuosikustannusten laskelmissa käytettiin tällä kertaa kunkin vaihtoehdon kestoikää eikä sitä laskettu pitemmälle ajanjaksolle. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 5.

*Taulukko 5. Kemin, Kittilän ja Rovaniemen hoitoalueiden päällystettyjen teiden vuosikustannukset ja potentiaaliset säästöt, jos päällysteen urautumiskäyttäytyminen saadaan vastaamaan kuivatusluokan 1 käyttäytymistä.*

<b>Kemi</b>	<b>Päätiet</b>	<b>Seudulliset tiet</b>	<b>Paikallistiet</b>	<b>yht</b>
vuosittainen päällystyskustannus (€)	2044000	1106000	915000	<b>4065000</b>
Vuosikustannus jos kuivatus kunnossa (€)	1956000	1013000	710000	<b>3679000</b>
säästöt (€)	88000	93000	205000	<b>386000</b>
säästöt (%)	4,3	8,4	22,4	<b>9,5</b>

<b>Kittilä</b>	<b>Päätiet</b>	<b>Seudulliset tiet</b>	<b>Paikallistiet</b>	<b>yht</b>
vuosittainen päällystyskustannus (€)	2022000	527000	512000	<b>3061000</b>
Vuosikustannus jos kuivatus kunnossa (€)	1663000	381000	400000	<b>2444000</b>
säästöt (€)	359000	146000	112000	<b>617000</b>
säästöt (%)	17,8	27,7	21,9	<b>20,2</b>

<b>Rovaniemi</b>	<b>Päätiet</b>	<b>Seudulliset tiet</b>	<b>Paikallistiet</b>	<b>yht</b>
vuosittainen päällystyskustannus (€)	1695000	530000	370000	<b>2595000</b>
Vuosikustannus jos kuivatus kunnossa (€)	1505000	464000	314000	<b>2283000</b>
säästöt (€)	190000	66000	56000	<b>312000</b>
säästöt (%)	11,2	12,5	15,1	<b>12,0</b>

Yllä oleva taulukko osoittaa, että jopa Kemin päätieverkolla, jossa tilastollisesti uraisuuteen vaikuttavia kuivatusongelmia ei juuri ollut, laskennalliset päällysteen ylläpidon vuosikustannusten säästöt ovat 4,3 % ja euroissa 88.000 €. Koko päällystetyn tieverkon kokonaissäästöt vaihtelivat Kemin 9,5 %:sta aina Kittilän 20,2 %:iin. Euroina Kittilän hoitoalueen laskennalliset kokonaissäästöt ovat jopa yli 600.000 € ja sekä Kemissä että Rovaniemellä säästöt olivat yli 300.000 €. Nämä varat voitaisiin käyttää vuosittain kuivatuksen kunnostukseen ja hoitoon siten, että työ olisi vielä kannattavaa. Lisäksi on vielä muistettava, että näissä laskelmissa huomioitiin vain päällysteen uusimiskustannukset eikä esimerkiksi huonon kuivatuksen aiheuttamien routavaurioiden korjauskustannuksia, jotka ovat huomattavasti suuremmat.

## 5 YHTEENVETO, JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOSUOSITUKSET

Lapin tiepiirin alueella on viime vuosien (2005-2008) aikana analysoitu päällystettyjen teiden kuivatuksen kuntoa ja vertailtu analyysin tuloksia tien urautumiseen ja epätasaisuuden kasvuun. Tätä työtä on tehty aluksi Rovaniemen hoitoalueella ROADEx -tutkimusprojektin yhteydessä, mutta myöhemmin myös Kittilässä ja Kemissä uusien hoidon ja ylläpidon alueurakoiden valmistelutöissä. Kuivatusanalyysien tavoitteena on ollut määrittää kuivatuksen kunnan nykytaso, paikantaa ongelmakohteet ja asettaa päällystetyn tieverkon kuivatukselle toiminnalliset laatuvaatimukset. Tässä raportissa on selostettu käytettyä analyysitekniikkaa, vertailtu eri hoitoalueiden tuloksia keskenään sekä tehty laskelmia kuinka paljon huono kuivatus vaikuttaa päällystetien kestoikään.

Tulokset ovat pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta hyvin loogisia ja ne osoittavat, että huono kuivatus vaikuttaa selvästi päällysteen urautumiseen ja tasaisuuteen ja sitä kautta päällysteen kestoikään. Päällysteen kestoikä urautumisen kannalta laskettuna oli 1,05–1,30 kertaa suurempi hoitoalueiden päätiestöllä ja paikallisteillä vastaavat kertoimet vaihtelivat 1,35 ja 1,95 välillä. Tasaisuusanalyysissä saatiin hieman pienemmät kestoikäkertoimet, mutta toisaalta kaikista hoitoalueista löytyi kohteita, joissa etenkin sivukaltevilla rinteillä sijaitsevilla osuuksilla tien reuna vaurioitui nopeasti ja IRI-arvot kasvoivat kohteissa, joissa kuivatus ei ollut kunnossa.

Ongelmallisten kuivatuskohteiden kunnostuksella voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. Jos tieverkon urautuminen saataisiin kuivatusluokan 1 keskimääräiselle tasolle, mikä ei pitäisi olla täysin mahdoton tehtävä, laskennalliset päällysteiden vuosikustannusten säästöt olisivat vuodessa Kemissä 390.000 € (9,5 %), Kittilässä jopa 620.000 € (20,2 %) ja Rovaniemellä 310.000 € (12,0 %). Tällä rahalla voidaan kunnostaa hoitoalueilla vuosittain yhteensä yli 250 km ojia ja työ olisi vieläkin kannattavaa. Kunnostuksen jälkeen ojitustarve tulee putoamaan huomattavasti ja saavutetaan todellisia säästöjä.

Tutkimuksen tulokset osoittavat myös, että kuivatusanalyysin ja kuivatussuunnittelun teko on erittäin kannattavaa toimintaa ja se kannattaisi tehdä jatkossa kaikkien hoitourakoiden kilpailuttamisen yhteydessä. Tehdyt analyysit ovat maksaneet kohteittain 45.000 – 60.000 € ja niistä saadut hyödyt tulevat katettua välittömästi kun tehtyjä kuivatussuunnitelmia aletaan toteuttaa.

Rovaniemellä ja Kittilässä hoitourakoissa on kokeiltu päätiestöllä myös kuivatuksen toiminnallisia laatuvaatimuksia. Ja vaikka urakoitsijat ovat järjestelmää hieman vastustaneet, ovat nämä vaatimukset ainoa keino pitää kuivatus hyvässä kunnossa. Ongelmakohtien vaativat jatkuvaa seurantaa ja välitöntä korjausta, kun puutteita havaitaan. Kun muistetaan tässä raportissa aiemmin mainittu 10 % sääntö, on ojituksen kunnostaminen esimerkiksi 10 vuoden ojituskierrolla turhaa työtä, tässä vaiheessa huonot kuivatuskohteet ovat jo ehtineet ”pilata” tien.

Hoitourakoitsijoille tulisi kuitenkin korvata kuivatuksen eteen tehty hyvä työ, nyt päällysteurakoitsijat saavat tämän työn hedelmät – eikä se motivoi hoitourakoitsijoita. Toisaalta huono hoitourakoitsija voi helposti tuhota päällysteurakoitsijan hyvän työn tuloksen. Siksi helpointa olisi se, että hoito- ja ylläpitourakat yhdistettäisiin, jolloin sama urakoitsija vastaisi kuivatuksesta ja päällysteen toimivuudesta. Silloin kenelläkään ei olisi varaa laiminlyödä kuivatuksen hoitoa – potentiaaliset taloudelliset voitot olisivat sen verran mittavat.

Lopuksi lisää tutkimusta ja tuotekehitystä tulisi tehdä, miten ojien ulkoluiskat saadaan tuettua niin, etteivät luiskamassat jatkuvasti valu ojaan tukkien veden virtausta ja huonontaen kuivatuksen kuntoa (kts. kansikuva).

---

### **Kirjallisuutta**

Berntsen, G. and Saarenketo, T. 2005. Drainage on Low Traffic Volume Roads. Roadex report. [www.roadex.org](http://www.roadex.org)

Saarenketo, T. 2001. Road Condition Management of Low Traffic Volume Roads in the Northern Periphery. Roadex Sub-Project A state-of-the-art study report. 70 p. Roadex project.

Saarenketo, T. 2007. Kuivatuksen hallinnan kehittäminen hoitourakoissa – ROADEX III pilottiprojekti Rovaniemen hoitourakka-alueella. ROADEX III projekti. [www.roadex.org](http://www.roadex.org). Suomennettu versio julkaistu 2008.

